ГУАП

КАФЕДРА № 3

Отчет
Защищен с оценкой
Преподаватель:

ОФЛ –

доц. к.ф.-м.н.	[подпись]	Холодилов А.Н.
должность	подпись, дата 21.02.2018	инициалы, фамилия

Отчет о лабораторной работе № 1

Определение электрического сопротивления

по курсу: Общая Физика

Работу выполнил

Студент группы 1742 [подпись] 17.02.18 Парнюк И.А.

Санкт-Петербург

2018

Протокол
Лабораторной работы № 1
„Определение электрического сопротивления"

студент группы № 1742 Парнюк И.А.
преподаватель Холодилов А.Н.

Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематич… погрешн…
Вольтметр	МК-2	1,5 В	0,05 В	1,5	0,02 В
Миллиамперметр	МК-2	250 мА	5 мА	1,5	4 мА
Линейка	—	50 см	1 мм	—	2 мм

$R_V = 2500$ Ом
$R_A = 0,2$ Ом

Результаты измерений

Схема А	U, В	0,35	0,4	0,41	0,45	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,6
	I, мА	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Схема В	U, В	0,35	0,36	0,4	0,42	0,44	0,47	0,5	0,52	0,55	0,57
	I, мА	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110

$l = 0,41$ м
$d = 0,36$ мм

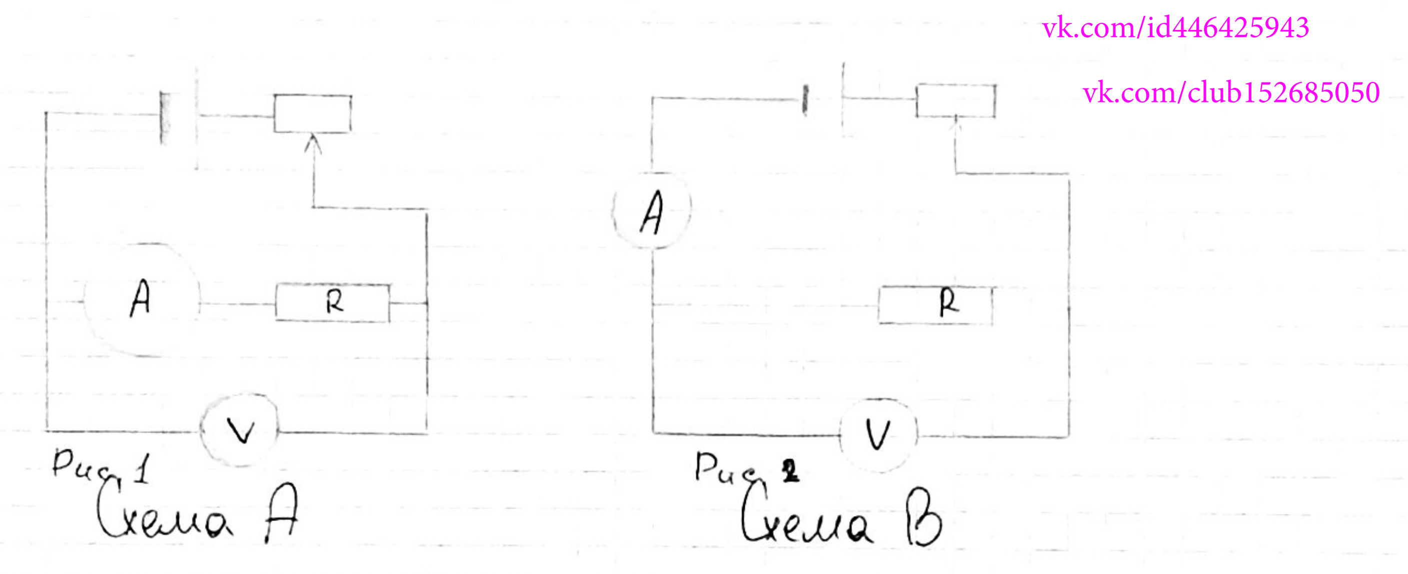
14.02.18

14.02.2018

1. Цель работы:

- ознакомление с методикой обработки результатов измерений;
- определение электрического сопротивления провода;
- экспериментальная проверка закона Ома;
- определение удельного сопротивления нихрома;
- сравнение двух электрических схем.

2. Описание лабораторной установки.



Параметры установки.

Прибор	Тип	Цена деления	Класс точности	Предел измерений	Системат. погрешность	Внутр. сопротивл.
Вольтметр	МК-2	0,05В	1,5	1,5В	0,02В	2500Ом
Миллиамперметр	МК-2	5мА	1,5	250мА	4мА	0,2Ом
Линейка	–	1мм	–	50см	2мм	–

3. Рабочие формулы.

Вычисление электрического сопротивления:

Закон Ома $R = \frac{U}{I}$, (1)

для схемы A $$R = \frac{U}{I} - R_A, \qquad (2)$$

для схемы B $$R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V}\right)^{-1} \qquad (3)$$

R – электрическое сопротивление проводника,
U – падение напряжения на проводнике,
I – сила тока,
R_A – сопротивление амперметра,
R_V – сопротивление вольтметра.

$$R_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n} \qquad (4)$$

$R_{ср}$ – среднее значение сопротивления,
n – число измерений

$$\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l} \qquad (5)$$

ρ – удельное сопротивление металла,
l – длина провода, $l = 0,41$ м
D – диаметр провода. $D = 0,36$ мм

4. Результаты измерений и вычислений.

Схема A. Таблица 1

U, В	0,35	0,40	0,41	0,45	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,60
I, А	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,095	0,10	0,105	0,11
U/I, Ом	5,38	5,71	5,47	5,62	5,41	5,44	5,47	5,50	5,52	5,45
R, Ом	5,2	5,5	5,3	5,4	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3	5,2
θ_R, Ом	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4

Схема В. Таблица 2

U, В	0,35	0,36	0,40	0,42	0,44	0,47	0,50	0,52	0,55	0,57
I, А	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,095	0,10	0,105	0,11
U/I, Ом	5,38	5,14	5,33	5,25	5,18	5,22	5,26	5,20	5,24	5,18
R, Ом	5,4	5,1	5,3	5,3	5,2	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2
θ_R, Ом	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4

$R_{ср} = 5,3$ Ом; $\rho = 3,65 \cdot 10^{-6}$ Ом·м

5. Примеры вычислений

По формуле (1) $R = \frac{U}{I} = \frac{0,42}{0,08} = 5,25$ (Ом).

По формуле (2) $R = \frac{U}{I} - R_A = \frac{0,35}{0,065} - 0,2 = 5,2$ (Ом).

По формуле (3) $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V}\right)^{-1} = \left(\frac{0,09}{0,47} - \frac{1}{2500}\right)^{-1} =$

$= (0,1915 - 0,0004)^{-1} = \frac{1}{0,1915 - 0,0004} = 5,3$

По формуле (4)

$$R_{ср} = \frac{5,2+5,5+5,3+5,4+5,2+5,2+5,3+5,3+5,3+5,2+5,4+5,1+5,3+5,3}{20} +$$

$$+ \frac{5,2+5,3+5,3+5,2+5,2+5,2}{20} = 5,27 \approx 5,3 \text{ (Ом)}.$$

По формуле (5)

$$\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l} = \frac{5,3 \cdot 3,14 \cdot (0,36 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 0,41} = 3,65 \cdot 10^{-6} \text{ Ом·м}.$$

6. Вычисление погрешностей.

6.1. Систематические погрешности.

6.1.1. $\theta_I = \frac{I_m K_I}{100} = \frac{0,25 \cdot 1,5}{100} = 3,75 \cdot 10^{-3} \approx 0,004$ (А)

6.1.2. $\theta_U = \frac{U_m K_U}{100} = \frac{1,5 \cdot 1,5}{100} = 0,0225 \approx 0,02$ (В)

6.1.3. $\theta_l = 2 \cdot 10^{-3}$ м.

6.1.4. $\theta_D = 0,5 \cdot 10^{-5}$ м.

6.1.5. Вывод формулы для систематической погрешности косвенного измерения электрического сопротивления.

$$R = R(U,I) = \frac{U}{I} = U^{1} \cdot I^{-1}; \Longrightarrow \theta_R = R\left(\frac{\theta_U}{U} + \frac{\theta_I}{I}\right).$$

Вычисления по выведенной формуле:

$$\theta_{R_1} = R_1 \cdot \left(\frac{\theta_U}{U_1} + \frac{\theta_I}{I_1}\right) = 5{,}2 \cdot \left(\frac{0{,}02}{0{,}35} + \frac{0{,}004}{0{,}065}\right) = 5{,}2 \cdot (0{,}057 + 0{,}061) = 0{,}6\ (Ом).$$

$$\theta_{R_{10}} = R_{10} \cdot \left(\frac{\theta_U}{U_{10}} + \frac{\theta_I}{I_{10}}\right) = 5{,}2 \cdot \left(\frac{0{,}02}{0{,}60} + \frac{0{,}004}{0{,}11}\right) = 5{,}2 \cdot (0{,}03 + 0{,}036) = 0{,}3\ (Ом).$$

В качестве систематической погрешности итогового результата берем значение, полученное при самом большом токе $\theta_{R_{ср}} = 0{,}3$ Ом.

6.1.6. Вывод формулы для систематической погрешности удельного сопротивления металла

$$\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l}; \quad \rho = \rho(R_{ср}, l, D); \quad \theta_\rho = \rho\left(\frac{\theta_R}{R} + \frac{\theta_l}{l} + 2\frac{\theta_D}{D}\right).$$

Вычисления по выведенной формуле:

$$\theta_\rho = \rho \cdot \left(\frac{\theta_R}{R} + \frac{\theta_l}{l} + 2\frac{\theta_D}{D}\right) = 3{,}65 \cdot 10^{-6}\left(\frac{0{,}3}{5{,}3} + \frac{0{,}002}{0{,}41} + \frac{0{,}01 \cdot 10^{-3}}{0{,}36 \cdot 10^{-3}}\right) =$$

$$= 3{,}65 \cdot 10^{-6} \cdot (0{,}06 + 0{,}005 + 0{,}027) = 3{,}65 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}092 = 0{,}34 \cdot 10^{-6}\ (Ом \cdot м).$$

6.2. Случайные погрешности.

6.2.1. Средняя квадратичная погрешность отдельного измерения.

$$S_R = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{ср})^2 + (R_2 - R_{ср})^2 + \ldots + (R_N - R_{ср})^2}{N-1}};$$

$$S_R = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{ср})^2 + (R_2 - R_{ср})^2 + \ldots + (R_{11} - R_{ср})^2 + \ldots + (R_{20} - R_{ср})^2}{19}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(5{,}2 - 5{,}3)^2 + (5{,}5 - 5{,}3)^2 + \ldots + (5{,}4 - 5{,}3)^2 + \ldots + (5{,}2 - 5{,}3)^2}{19}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}01 + 0{,}04 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}04 + 0{,}04 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}01 + 0{,}01}{19}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0{,}01 \cdot 9 + 0{,}04 \cdot 3}{19}} = \sqrt{\frac{0{,}09 + 0{,}12}{19}} = \sqrt{\frac{0{,}21}{19}} = 0{,}10\ (Ом).$$

6.2.2. Среднее квадратичное отклонение.

$$S_{R_{ср}} = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{ср})^2 + (R_2 - R_{ср})^2 + \ldots + (R_n - R_{ср})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_R}{\sqrt{N}}$$

$$S_{R_{ср}} = \frac{0{,}10}{\sqrt{20}} = 0{,}022 \approx 0{,}02\ (Ом).$$

В данной работе проводится измерение неслучайных по своей природе физических величин: электрического сопротивления провода – R и удельного сопротивления нихрома – ρ, поэтому, проверяем неравенство

$$S_R \le \theta_R \ ; \ S_{Rср} < \theta_R .$$

$0{,}10$ Ом $< 0{,}3$ Ом, т.е. $S_R < \theta_R$;

$0{,}02$ Ом $\ll 0{,}3$ Ом, т.е. $S_{Rср} \ll \theta_R$.

$0{,}02 \cdot 2{,}09 = 0{,}04$ $\ll 0{,}3$

Получившиеся неравенства говорят о том, что в измерениях, скорее всего, нет грубых ошибок и промахов.

6.2.3. Случайные погрешности удельного сопротивления:

$$\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l} \Rightarrow S_\rho = S_{Rср} \frac{\pi D^2}{4l} = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l} \cdot \frac{S_{Rср}}{R_{ср}}, \Rightarrow S_\rho = \frac{\rho S_{Rср}}{R_{ср}} .$$

$$S_\rho = \frac{\rho S_{Rср}}{R_{ср}} = \frac{3{,}65 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}02}{5{,}3} = 0{,}0138 \cdot 10^{-6} \approx 0{,}014 \cdot 10^{-6} (Ом \cdot м)$$

6.3. Полная погрешность.

В случае, когда измеряются неслучайные по своей природе физические величины, случайные погрешности уже учтены в систематических. Объединять их в полную погрешность не надо. Полная погрешность равна систематической погрешности.

$$\Delta_R = \theta_R = 0{,}3 \ Ом$$

$$\Delta_\rho = \theta_\rho = 0{,}34 \cdot 10^{-6} \ Ом \cdot м.$$

7. Выводы

- Ознакомился с методикой обработки результатов косвенных измерений.
- Электрическое сопротивление провода $R = 5{,}3 \pm 0{,}3$ Ом с вероятностью $P = 95\%$
- Удельное сопротивление нихрома $\rho = (3{,}65 \pm 0{,}34) \cdot 10^{-6}$ Ом·м с вероятностью $P = 95\%$.
- Экспериментально определенное значение ρ в пределах погрешности совпадает с табличным значением нихрома $\rho_{таб} = 1{,}05 \cdot 10^{-6}$ ...

- Из проведенных опытов видно, что каждое сопротивление в схеме A и B отличаются от $R_{ср}$ меньше, чем на систематическую погрешность θ_R. Это означает, что электрическое сопротивление не зависит от протекающего тока и от падения напряжения на нем, т.е. справедлив закон Ома.
- Учет сопротивления амперметра приводит к поправке 0,2 Ом, учет сопротивления вольтметра приводит к поправке 0,02 Ом. Поскольку результат приходится округлять до десятых долей ом, поправку на сопротивление вольтметра по формуле (3) можно не делать. Значит, для схемы B электрическое сопротивление можно вычислять по закону Ома без поправок.

5 ом / 0,2 ом   B 25
2500 ом / 5   500